



Анализ данных детектора iDREAM в
потоке антинейтрино от реактора на
Калининской АЭС

.....

Жутиков Иван

Мотивация:

- **Фундаментальные задачи:**
 - Изучение спектральной аномалии реакторных антинейтрино
 - Исследование осцилляций антинейтрино в стерильное состояние
 - Проверка моделей спектров реакторных антинейтрино
- **Прикладные:**
 - Мониторинг состояния реактора
 - Измерение мощности, энерговыработки и накопления плутония комплементарными методами (по нейтрино)

Цели работы:

- Расчет ожидаемого сигнала от антинейтрино в детекторе iDREAM на основе графика мощности энергоблока №3 КАЭС.
- Мониторинг сигнала от антинейтрино в iDREAM.
- Измерение по данным iDREAM среднего сечения обратного бета-распада на одно деление, сопоставление с данными моделей для реакторных антинейтрино.

Детектор iDREAM

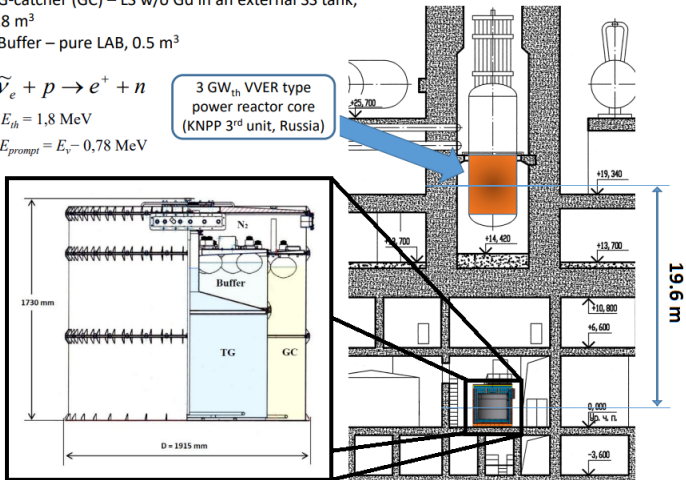
- Target (TG) – Gd-LS (1 g/l) in an inner SS tank, 1 m³
- G-catcher (GC) – LS w/o Gd in an external SS tank, 1.8 m³
- Buffer – pure LAB, 0.5 m³

$$\tilde{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + n$$

$$E_{th} = 1,8 \text{ MeV}$$

$$E_{prompt} = E_{\nu} - 0,78 \text{ MeV}$$

3 GW_{th} VVER type
power reactor core
(KNPP 3rd unit, Russia)



Отбор мюонов и космогенных нейтронов

Критерии для отбора мюонов:

1) $E_{tg} + E_{gc} > 10$ МэВ и $E_{tg}^{60}/E_{tg}^{100} > 0.8$

Критерии для космогенных нейтронов:

1) Время после мюона менее 100 мкс

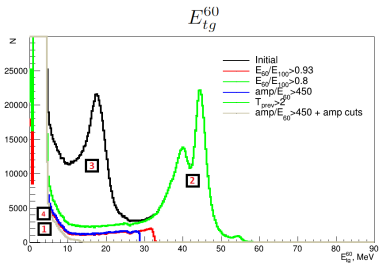
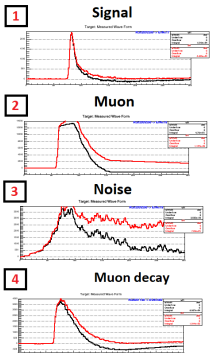
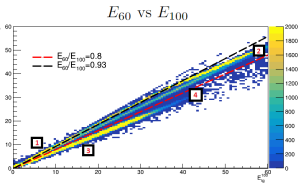
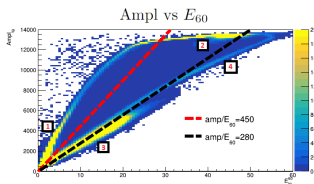
2) $E_{tg} \in [5; 10]$ МэВ и $E_{tg}^{60}/E_{tg}^{100} > 0.93$

Критерии для случайного фона для космогенных нейтронов:

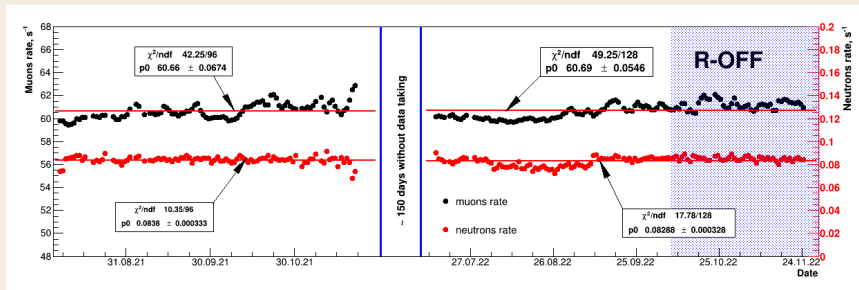
1) $E_{tg} \in [5; 10]$ МэВ и $E_{tg}^{60}/E_{tg}^{100} > 0.93$

2) Попадание в одно из 100 окон длительностью 100 мкс через каждые 500 мкс.

Отбор шумов



Скорость счёта мюонов и космогенных нейтронов в детекторе



Отбор IBD кандидатов

Критерии для сигнала:

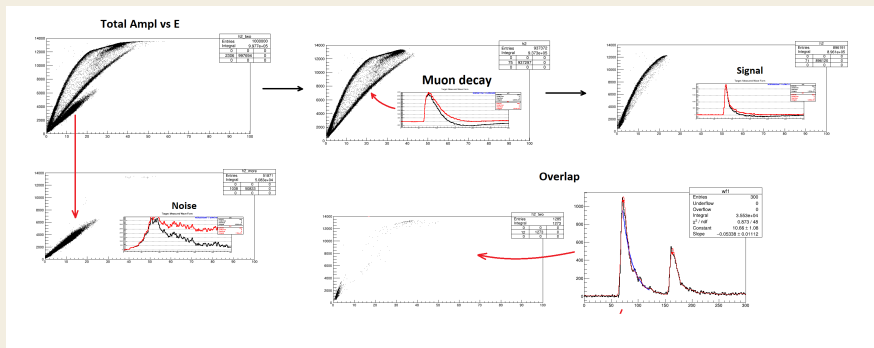
- 1) $E_1 \in [1.5; 8]$ МэВ, $E_2 \in [5; 10]$ МэВ и дополнительный отбор по форме импульса каждого события
- 2) Время между событиями менее 100 мкс и до/после первого/второго события нет других в течении 100 мкс.

Критерии для случайного фона:

- 1) $E_1 \in [1.5; 8]$ МэВ, $E_2 \in [5; 10]$ МэВ и дополнительный отбор по форме импульса каждого события
- 2) Попадание в одно из 100 окон длительностью 100 мкс через каждые 500 мкс и до/после первого/второго события нет других в течении 100 мкс.

Отбор по форме события

Отбор по форме события реализован на основе класса TSpectrum в рут.



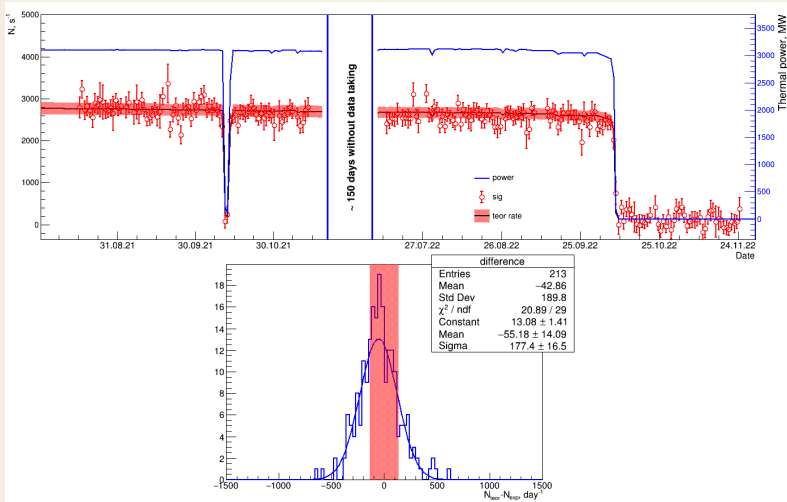
Расчёт теоретической скорости счёта детектора

Скорости счёта антинейтрино можно рассчитать по следующей формуле:

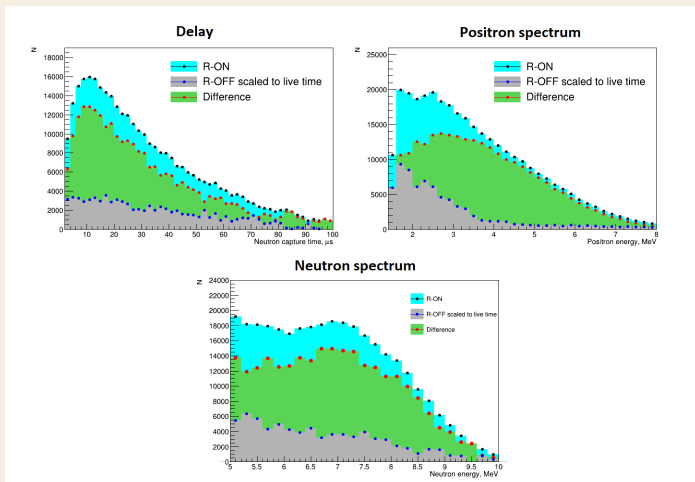
$$N_{det}(E) = \frac{\epsilon}{4\pi L^2} \cdot N_p \cdot \int_{T_{start}}^{T_{end}} \frac{P_{th}(t)}{E_f(t)} \cdot \langle \sigma(t, E) \rangle dt.$$

- $\epsilon = 0.36 \pm 0.1$ - эффективность регистрации $\bar{\nu}_e$ детектором iDREAM (не окончательное значение)
- $L = 19.6 \pm 0.1$ м - расстояние от детектора до реактора (не окончательное значение)
- $N_p = (7.03 \pm 0.01) \cdot 10^{28}$ - число протонов в мишени (не окончательное значение)
- P_{th} - мощность реактора
- $E_f = \sum_i \alpha_i(t) E_i$ - средняя тепловая энергия деления
- $\langle \sigma \rangle = \sum_i \alpha_i(t) \sigma_{IBD}(E_{\bar{\nu}_e}) S_i(E_{\bar{\nu}_e})$ - среднее сечение обратного бета-распада, для теоретических расчётов использовалась модель 9/14 НМ

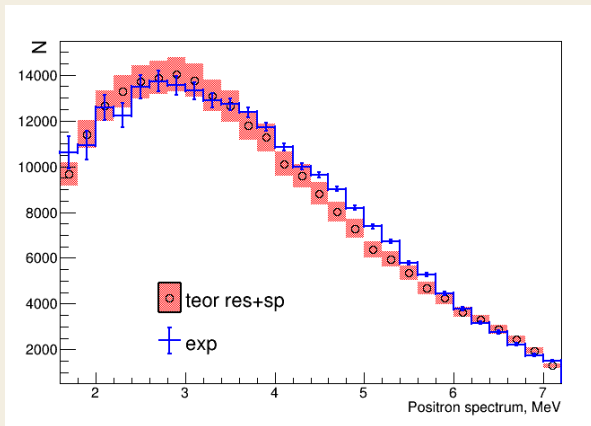
Скорость счёта антинейтрино в детекторе



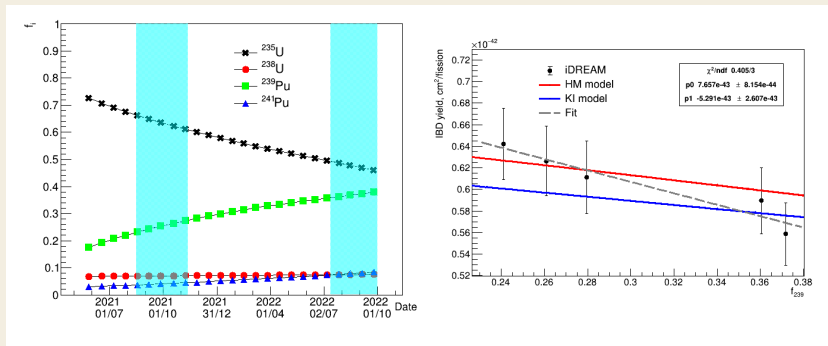
Результат отбора антинейтрино



Сравнение спектра позитронов с расчётным



Количество антинейтрино выделяющееся в одном делении



Заключение

В ходе работы были получены следующие результаты:

- Для модели спектров реакторных антинейтрино Huber-Mueller рассчитана ожидаемая скорость взаимодействий антинейтрино в детекторе iDREAM. Измеренная детектором скорость взаимодействий находится в согласии с ожидаемой.
- Получен спектр позитронов реакции обратного бета-распада. В области спектральной аномалии реакторных антинейтрино (4-6 МэВ) наблюдается превышение числа событий, подтверждающее существование аномалии.
- Измерен выход реакции ОБР в зависимости от долей деления ^{239}Pu в ходе реакторной кампании. Показано наличие выгорания ядерного топлива по изменению скорости счета антинейтрино в детекторе iDREAM.